



金沢大学
KANAZAWA
UNIVERSITY

超高解像度カメラとAI を用いた
橋梁を中心としたコンクリート構造物の
戦略的次世代型点検システムの開発と
維持管理計画の策定支援

金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系
准教授 藤生 慎

福岡知隆(研究員), 南 貴大(博士3年)

戦略的次世代型点検支援システムの提案

システム1

現場における橋梁の損傷撮影



システム2

遠隔地における橋梁の損傷診断



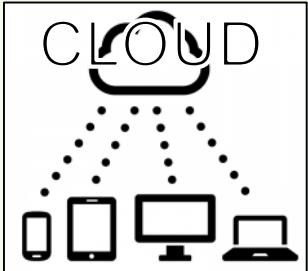
写真アップロード

撮影のインストラクション

写真・診断サポート情報の提供

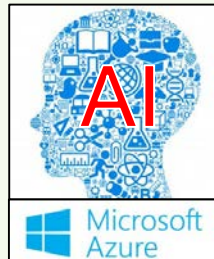
診断結果の提供

a. データの蓄積



- 学習
- ✓ 損傷写真
 - ✓ 橋梁台帳
 - ✓ GIS情報
 - ✓ 診断結果

b. 損傷の診断支援



- 支援情報による点検・診断員の負担軽減
- 技術継承が可能になり人材育成が容易
- 国内だけでなく海外の橋梁も支援可能

システム3 クラウドサーバー・診断支援システム

効率性・迅速性・正確性・客観性・統一性を担保した点検・診断システム

写真撮影実験

- ▶ **使用カメラ** : Phase One Industrial社製のiXU-RS 1000 AERIAL CAMERAS
解像度:1億画素(11608×8708)の写真の撮影が可能.
ダイナミックレンジ:84db以上(明暗差が大きくても撮影可能)
- ▶ **対象橋梁** : 石川県羽咋市管理の橋梁のRC橋脚.
撮影時間:10分(三脚設置など現場での準備時間も含む).
撮影距離:約17m(画像分解能0.9mm/pixel).
- ▶ **定期点検** : 2017年11月に橋梁点検車を使用し近接目視点検を実施



使用カメラ(1億画素)



撮影状況

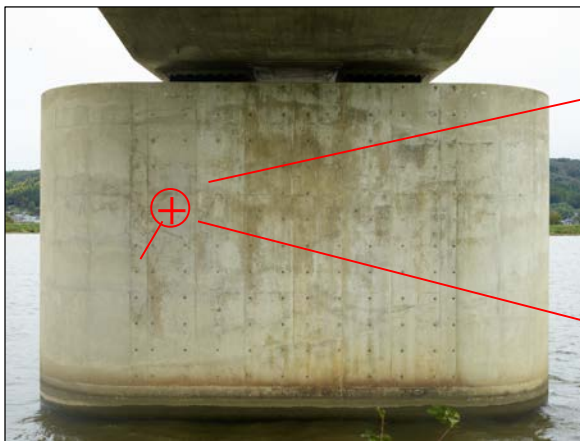
画像目視点検環境の構築

PC上で橋脚全景画像の拡大縮小を行い，目視によってひびわれ
であると視認できたものに関して，赤色でトレースできる環境構築

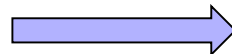


1億画素の画像を表示

拡大・縮小・移動を操作



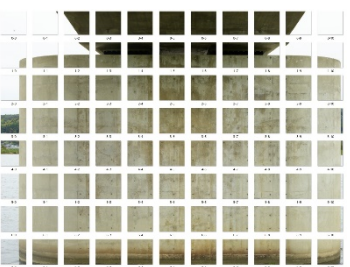

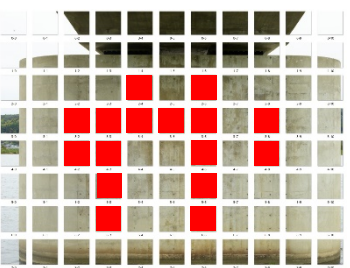

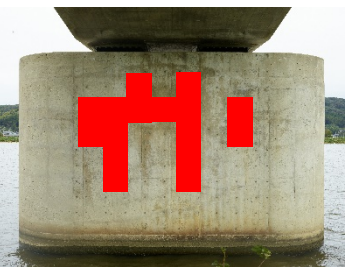



広い範囲



詳細な部分

自動ひび割れ判定システム

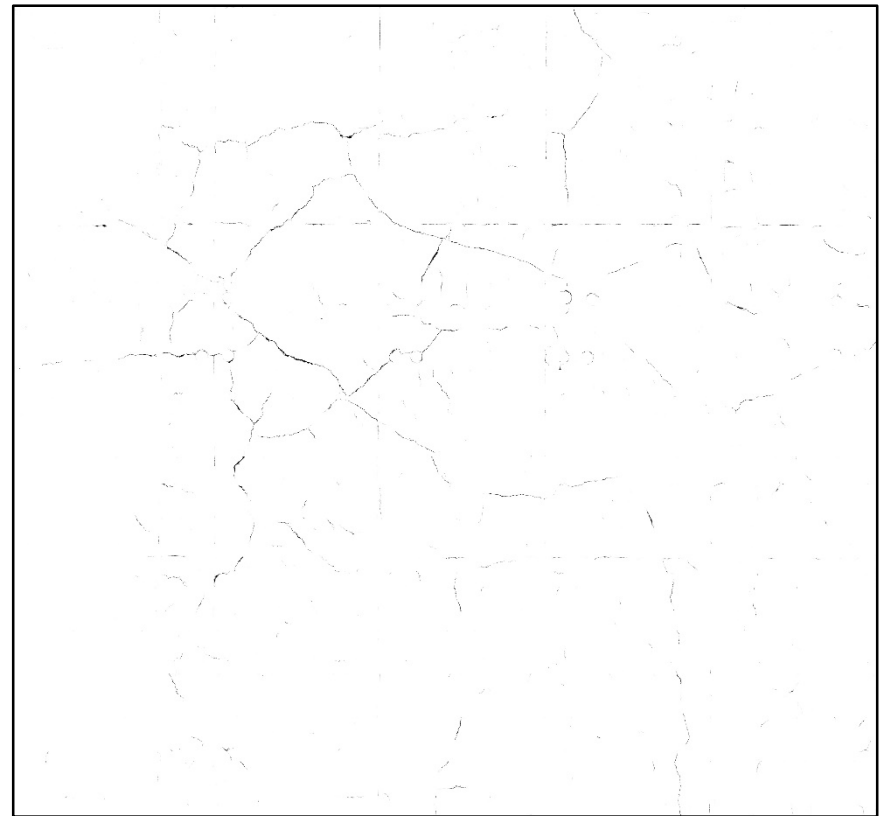
ひび割れ判定フロー	概要	時間
<p>Step1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 部材全体を1億画素カメラで撮影. ➤ 現場から自動ひび割れ判定システムに画像を送信. 	<p>撮影時間 10分</p> 
<p>Step2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1億画素画像を256ピクセル四方のメッシュに自動分割. (縦34メッシュ, 横45メッシュ) 	
<p>Step3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 各メッシュに対してAIがひび割れ判定し, 自動でひび割れ箇所の色付け. ※AI: 4万枚の画像を200万枚に水増しした学習データを使用し, CNNを用いて学習. 	<p>所要時間 1分</p> 
<p>Step4</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ひび割れ判定を行った画像(メッシュ)を合成し, ひび割れ箇所が色付けされた部材全体画像の作成. 	

近接目視点検結果



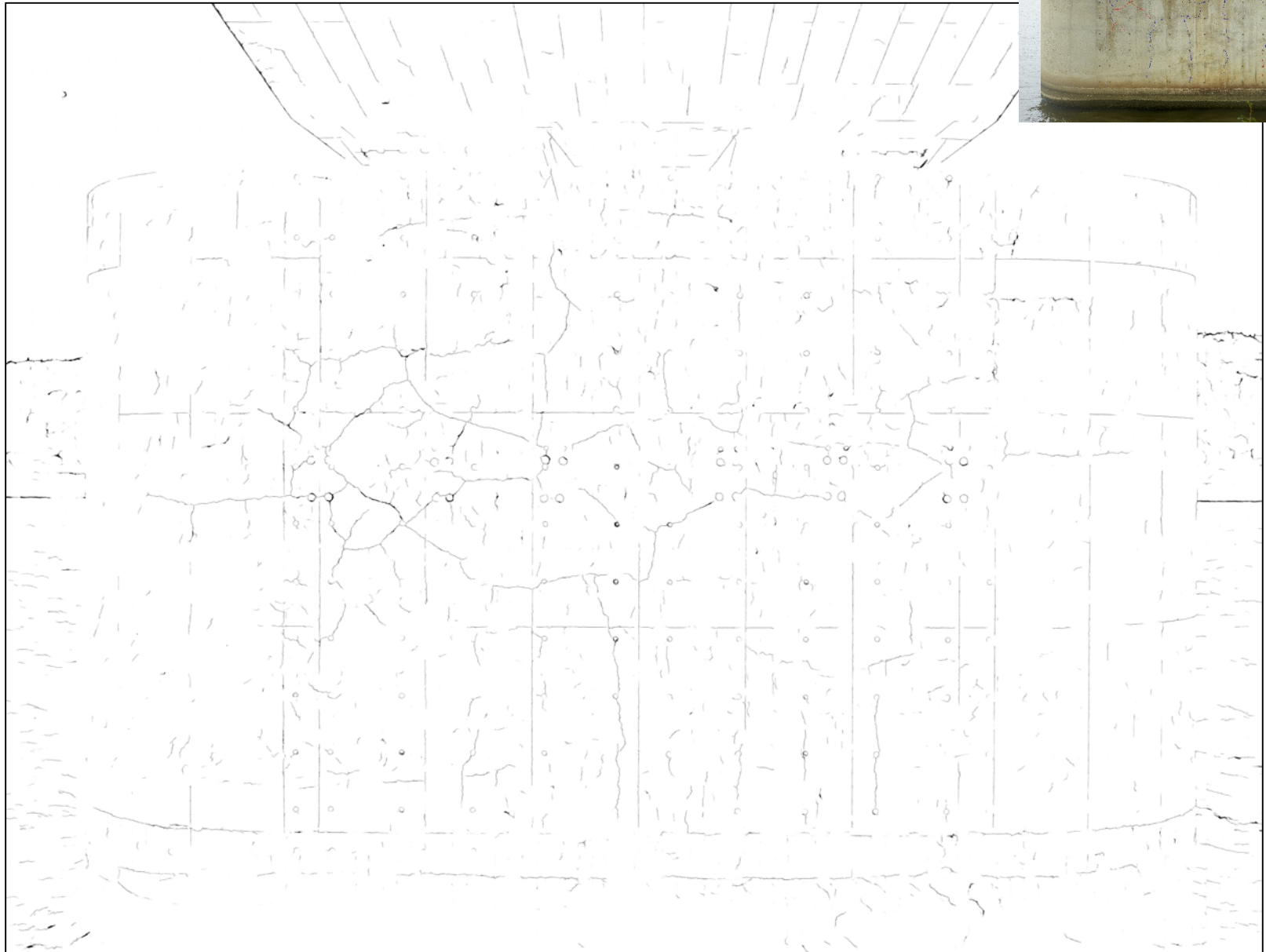
赤色 : 0.2mmのクラック, 青色 : 0.1mmのクラック

近接目視点検結果とAIによるクラック検出の比較

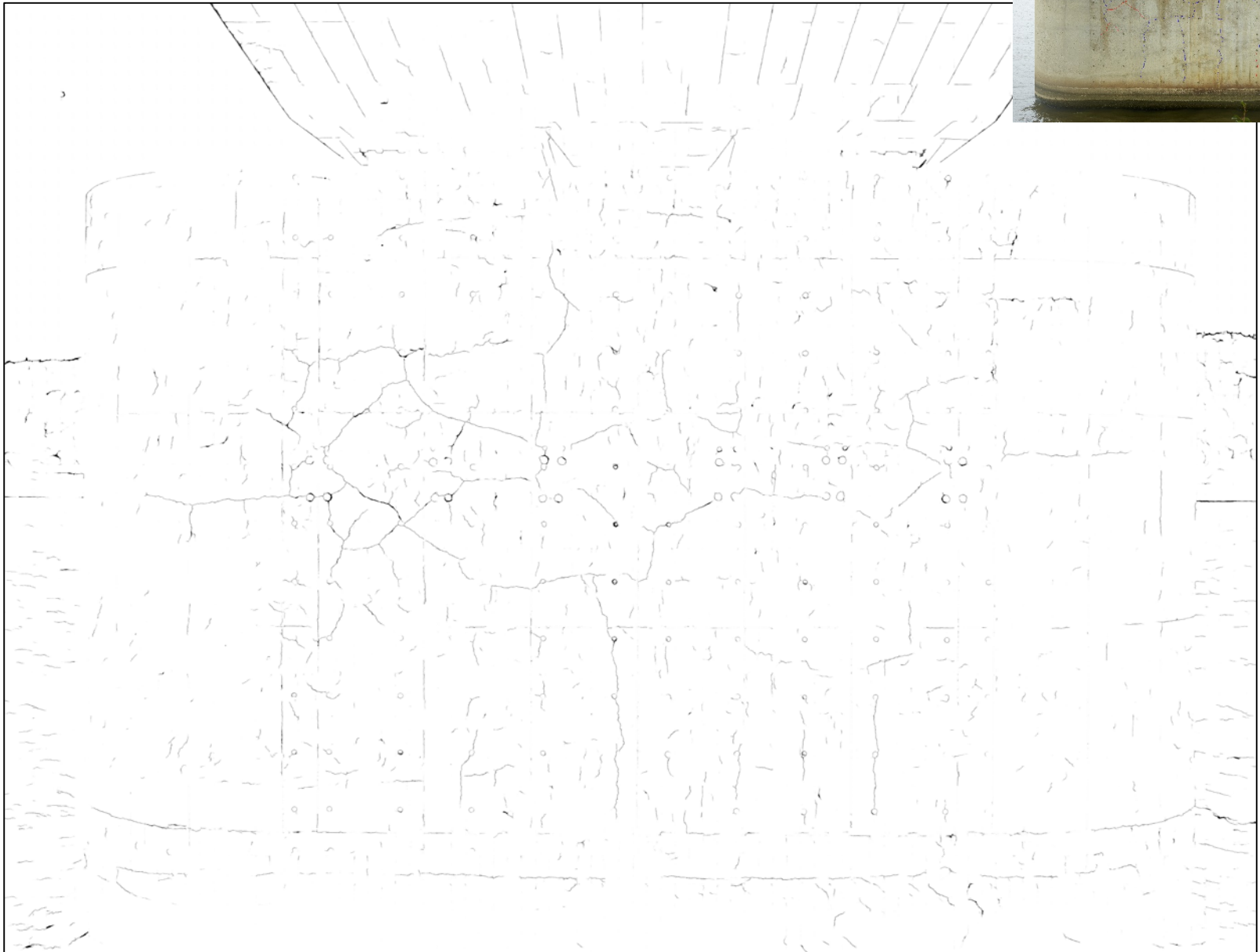


- AIにより近接目視点検結果の約80%を検出可能(ピクセル単位)
- 幅と長さも算出することが可能

ピクセル単位のひびわれ検出



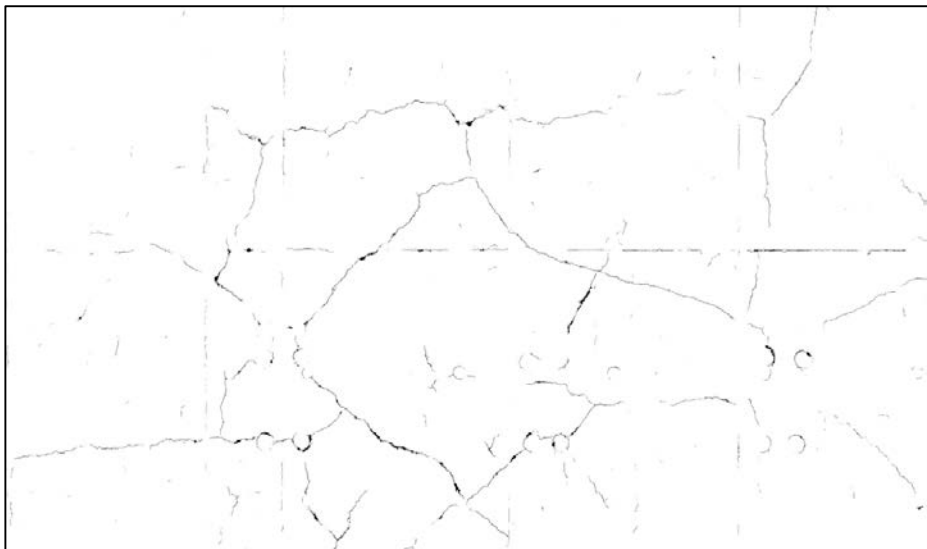
ピクセル単位のひびわれ検出(型枠跡をスクリーニング)



近接目視点検の結果との比較

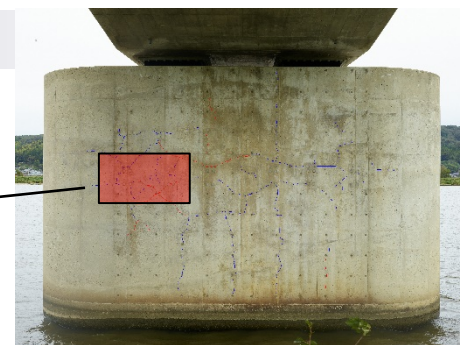


近接目視点検の結果



AIによる自動検出の結果

- AIにより近接目視点検結果の約80%を検出可能(ピクセル単位)
- 幅と長さも算出することが可能



1億画素カメラで撮影した対象橋脚



超高解像度カメラを使用することで、ひび割れや汚れなどの表面の異常については検出可能

使用カメラ



Inspire 1



Zenmuse XT

【使用したUAV】

名称 : Inspire 1

飛行時間: 約20分程度

【使用した赤外線カメラ】

名称 : DJI Zenmuse XT

解像度 : 約33万画素(640×512)

検出素子: 非冷却 VOX マイクロボロメータ

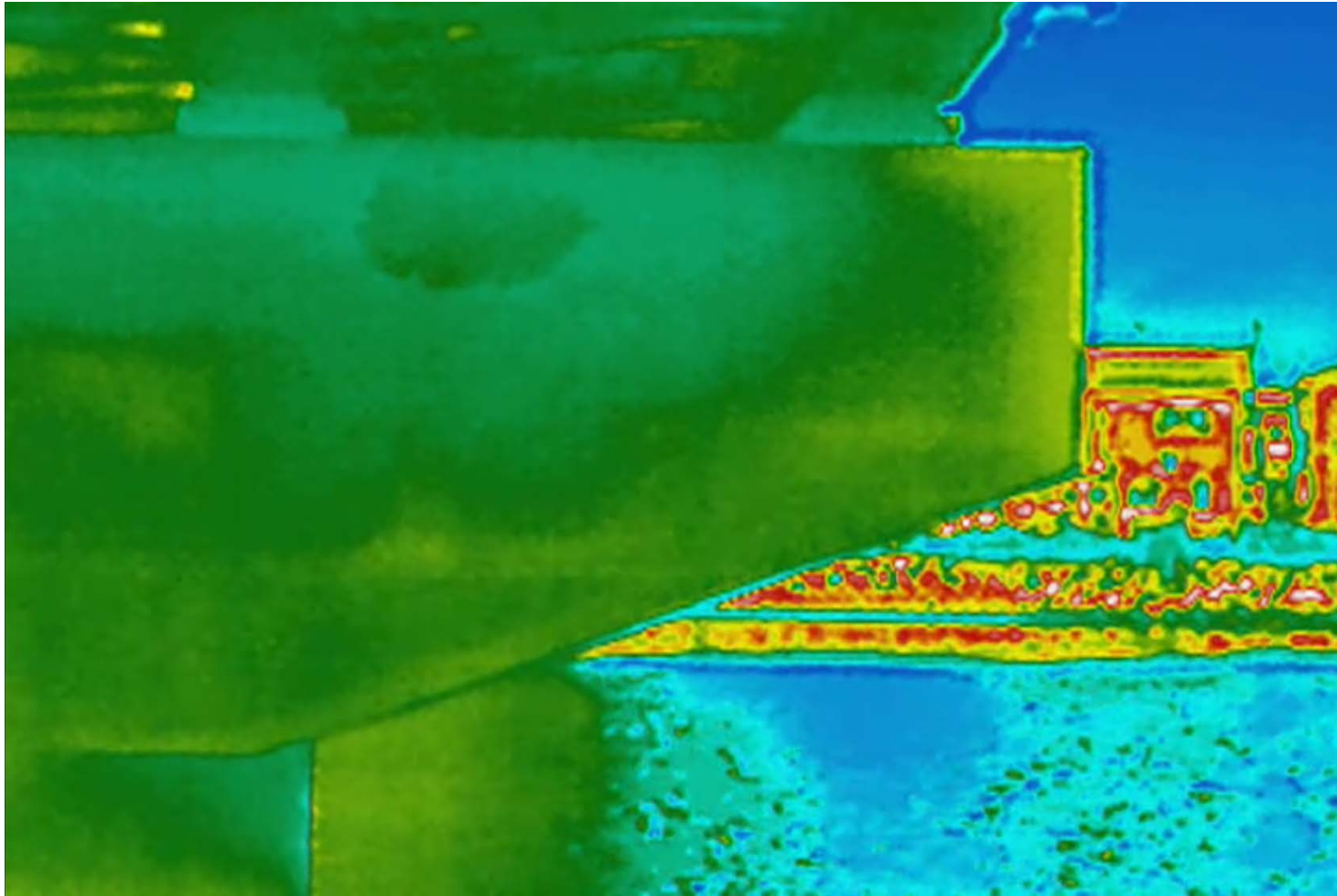
撮影方法: パッシブ赤外線法

浮きがある場合は、背面に空気層が介在し、健全部に比べて暖まりやすく冷めやすい特徴を有しているため、熱画像で温度差として表示される。



UAVを用いて、対象物に接近し撮影(対象物との距離:約10m)

コンクリート浮きの検出



【撮影時間】
2018年10月
14:50

【天気】
晴れ

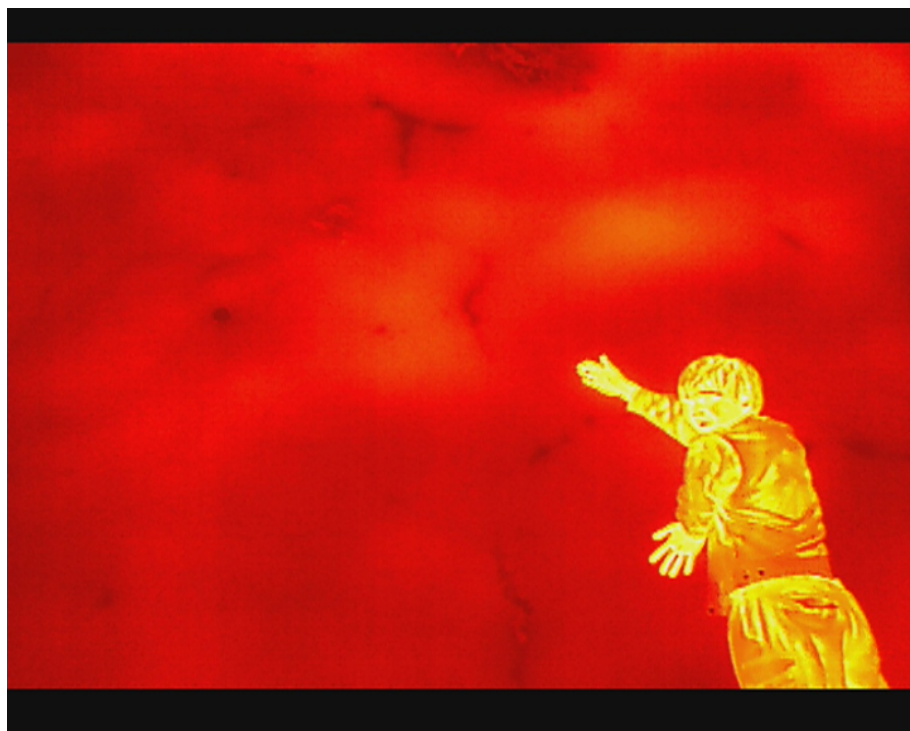
【気温】
19.5°C

【1日の気温差】
6.4°C

【撮影距離】
10m

近接目視点検で浮きと判断された箇所が周りのコンクリートの温度に比べ、明らかに高くなっており、浮きの発生を視認することが可能

作成したAIモデルを用いた判定



✓	✓	✓	✗	!	✗	✗	!	✓	✓
✓	✓	!	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓
✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	!	✓	✓
✓	!	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	!	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

戦略的次世代型点検支援システム



戦略的次世代型点検支援システム

地図 航空写真

C橋
緯度:36.6262116765
経度:136.63421417331

検索条件 ロケーション保存

先頭ページ 前ページ 次ページ 最終ページ 検索結果:14件

ID	橋梁名	橋梁ID	管理者	最終点検日	診断結果
21	A橋	kanazawa-014	Fujiu	2019-12-01	(未判定)
20	B橋	kanazawa-u013	Fujiu	2019-12-01	(未判定)
19	C橋	kanazawa-u011	Fujiu	2019-12-01	(未判定)
18	D橋	kanazawa-u010	Fujiu	2019-12-01	(未判定)
17	E橋	kanazawa-u009	Fujiu	2019-12-01	(未判定)
16	F橋	kanazawa-u008	Fujiu	2019-12-01	(未判定)
15	G橋	kanazawa-u012	Fujiu	2019-12-01	(未判定)
14	H橋	kanazawa-u001	Fujiu	2019-11-18	状態異常(注意喚起)
13	I橋	kanazawa-u002	Fujiu	2019-11-18	状態異常(注意喚起)
12	J橋	kanazawa-u003	Fujiu	2019-11-18	状態異常(注意喚起)
11	K橋	kanazawa-u004	Fukuoka	(未実施)	(未判定)

Copyright (c) Kanazawa Univ./WorldLink&Company

5Gを用いた実験



実験の体制

	模擬現場（金沢駅）	模擬事務所（金沢大学）
イメージ	<p>PC② Webex用</p> <p>PC① SeeCrack用</p> <p>5G</p> <p>SeeCrack</p>	<p>PC SeeCrack & Webex</p> <p>ビデオカメラ</p>
メンバー	南さん, 福岡さん, 吉倉	<ul style="list-style-type: none"> ・石塚様, 藤生先生 ※別日で若手技術者の方を被験者に実験する
記録	<ul style="list-style-type: none"> ・Webexで録画 	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラを設置し録画
連絡体制	Webex	
ヒアリング	Webexでヒアリング実施.	
準備物	<ul style="list-style-type: none"> ・PC① SeeCrack用. ※画像を事前に保存 ・PC② Webex用 ・5Gスマホ 	<ul style="list-style-type: none"> ・PC SeeCrack閲覧 & Webex用（石塚様） ※SeeCrackの画面共有をする ・撮影用カメラ

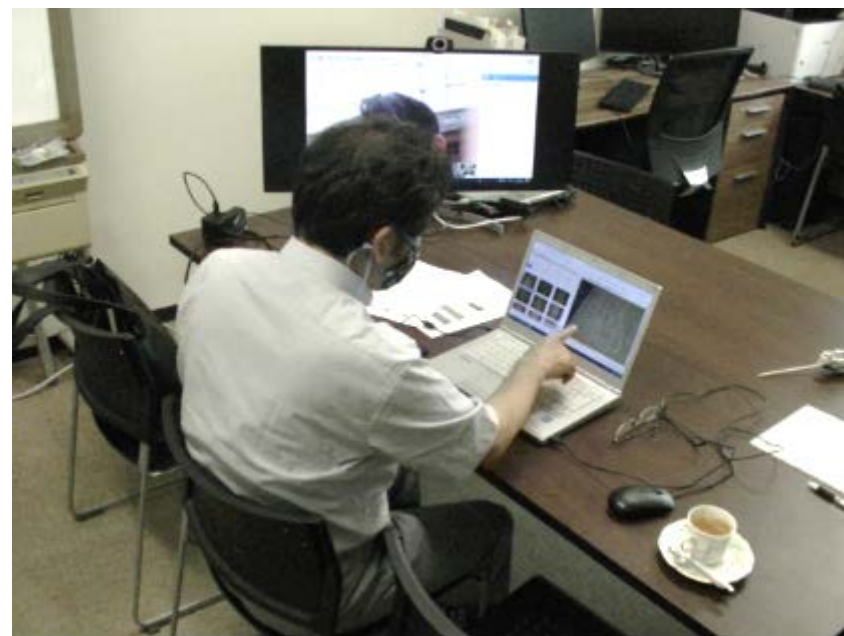
■実験の様子

- ✓ 遠隔地にいる技術者が、SeeCrackで写真やAIが検出したひび割れを確認。
- ✓ WEB会議システムを利用し、顔を見ながら確認依頼や指示を行った。

【模擬現場（金沢駅の5Gエリア）】



【模擬事務所（金沢大学）】



コロナ後、ネパール・アメリカ・クロアチアでも5Gでの実験を予定

■ 画像のアップロード実験

- ✓ 2Gバイトの画像を5Gでは5分21秒でアップロード.
- ✓ 4Gの約5分の1の時間でアップロードが完了.

通信	実験時の スピードテスト（上り）	アップロード画像の データ量	アップロード時間
5G	98Mbps	2.2Gbyte	5分21秒
4G	11Mbps	(内訳) 約5Mbyte : 3枚 約120Mbyte:18枚	26分19秒

※5Gは金沢駅 3回・香林坊 3回の計 6回の平均値

※4Gは医王山・東荒屋橋・立開橋の 3回の平均値

■ 遠隔地からの画像確認と指導について

✓ 橋梁点検技術者からのヒアリング結果を以下の通りまとめる。

システムの 使用感	<ul style="list-style-type: none">・初見の際はマニュアルが必要だが、慣れれば使いこなすことはできる。
点検	<ul style="list-style-type: none">・典型的なひび割れであれば、客観的に記録が残せる点が良い。・イレギュラーなひび割れの場合は、わかりづらいところがある。
現場との 連携	<ul style="list-style-type: none">・現場のアップロード完了後、ほぼ同時刻で遠隔地でも画像が閲覧できる。・今回は「拡大」「明るさ」「見る角度」の3パターンのシナリオを行った。しかし、1.5億画素の写真であれば、十分に目視できるため拡大した写真の撮り直しの指示は必要ないだろう。また、明るさも撮影後にソフトで変更できるため、撮り直しは不要。
指導	<ul style="list-style-type: none">・若手技術者の教育ツールとして活用できそう。
今後の 課題	<ul style="list-style-type: none">・チョーキングのトレースが十分にAIで拾えていない。・遠隔地と橋梁現場で画面共有できると、指導がしやすい。

✓ 地元紙からも取材を受け、記事に掲載。
土木学会の支援をいただいていることをアピール！！

北 國 新 聞

近年のシズンも従来のよう

さん 川原市和由中三十四

人工知能(AI)を活用し、遠隔で橋を点検するシステムの実用化を目指す大の藤生信俊教授の研
究グループが24日、JR金沢駅で、第5世代(5G)移動通信システムを使った初の実証実験を行った。
写真画像の送信に高速大容量の通信が必須となるため、屋外での動作を確保した。橋を維持するための
財源や人材不足が課題となる中、大規模な効率化が望めるシステムとして、本格運用に向けた。

橋の遠隔点検 5Gで迅速に

点検システム(シークラック(SeeCrack))は、橋の写真画像をインターネット上に送信し、ひび割れなどの傷みをAIが診断する。さらに写真を、コンクリートなどの専門家が複数人で遠隔診断する仕組みとなる。藤生准教授と研究員の福岡利隆さん、博士課程3年の西原大さん、同1年の古賀麻衣さんらが開発した。

山間部で10時間
1・5倍回線で撮影する橋の写真画像は容量が大きく、既存の4G規格で送信した場合は30分、山間部では10時間を要する場合もあり、高速かつ大容量データを送りよびておく5Gの活用が必須となっている。

金大グループが実証実験



実証実験は、金沢市内でできるJR金沢駅となじみのあるNTTドコモの5Gが利用できるドームでシステムを試行

大容量の画像、AIが診断

橋の写真画像を半分程度でインターネット上に送信し、AIによる診断が可能であることを確認した。協力する東洋設計(四市)の石塚久幸さんらが、遠隔で画像を撮影診断した。

コスト抑える
国は高度経済成長期に建設された橋が老朽化していることから、橋やトンネルに5年に一度の点検を義務付けている。全国約1万本、石川県内は約9千本が対象となり、財源や人材が不足する自治体は、継続的に遠隔点検を実施することが困難となっている。

システムが実用化すれば、コストが抑えられ、より効率的に、安全で精度の高い点検が可能となる。藤生准教授は「点検作業をなくすことはできないが、修繕が必要な橋の多い分には活用できると期待する。NTTドコモは5月末までに金沢市周辺に5G環境の整備を目指している。点検システムを研究テーマにすすめてほしい。さらに政府を支援し、金沢市の遠隔診断が世界で活用されるようになればいい」と話した。研究は平本組(同市)の研究支援助成金で実施した。

この内容を引用し、研究の進展を知らせたい。NTTドコモの協力を要する。NTTドコモの協力を要する。

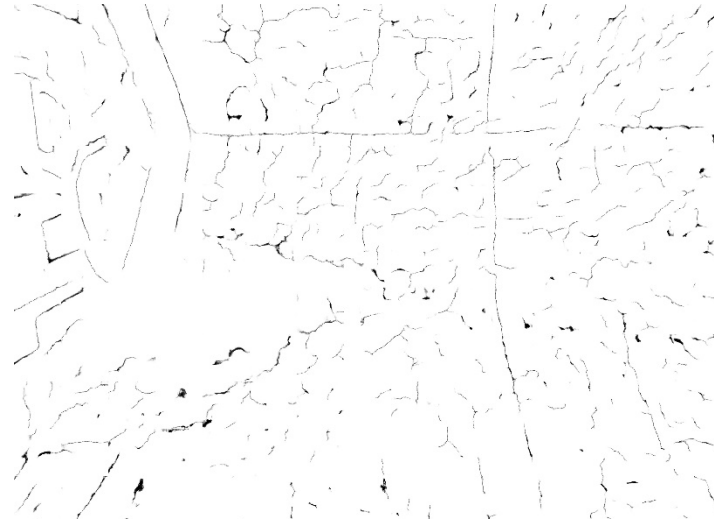
北國新聞
2020年5月25日

ネパールとのオンラインミーティングとシステムの適用可能性の検討



申請時の対象国:アメリカ・クロアチア・台湾とも同様のミーティングを実施

ネパールからのサンプルデータを用いたコンクリート構造物の 点検可能性の検討




提供画像の例

AI解析の例

研究業績・特許

- 南貴大, 浦田渡, 藤生慎, 福岡知隆, 須田信也, 高山純一, 超高解像度画像データを用いた橋梁の画像目視点検に関する基礎的分析～近接目視点検と比較して～, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.75, p. I_883-I_890, 2019.
- 南貴大, 浦田渡, 藤生慎, 福岡知隆, 高山純一, 画像の属性や点検経験年数が画像を用いたコンクリートひびわれの検出に与える影響分析, 2019, 土木学会論文集F4(建設マネジメント), Vol75, No2, p. I_50-I_57, 2019.
- 福岡知隆, 南貴大, 浦田渡, 藤生慎, 高山純一, 深層学習による橋梁点検のための Pix2Pixによる疑似訓練データ作成, 土木学会論文集F4(建設マネジメント), Vol75, No2, p. I_27-I_35, 2019.
- 浦田渡, 南貴大, 石村直人, 藤生慎, 福岡知隆, 高山純一: 橋梁点検のスキルが橋梁の画像診断におけるひび割れ検出結果と検出時間に与える影響の分析～超高解像度カメラを用いた検討～, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.75, No.6, pp.I_591-I_598, 2020.
- T.MINAMI, W.URATA, M.FUJII, T.FUKUOKA, M.SAGAE, S.SUDA, J.TAKAYAMA, Development of Automatic Concrete Cracks Detection System Using Average Shifted Mesh, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.13, pp1560-1570, 2020.
- 藤生慎, 南貴大: メッシュ移動によるひびわれ判定精度の向上,(特許出願中)
- 藤生慎, 松岡祐樹: 赤外線カメラ画像を用いたサビの検出手法の開発, (特許出願中)
- AI・データシンポジウム論文集にも(健全性診断・画像診断・肌触り感の論文を投稿済)



ご清聴ありがとうございました